Gerry Gardika Surya Dinata
Jurusan Teknik Mesin Universitas
Jember, Indonesia
gerrygardikasuryadinata@gmail.com

Aris Zainul Muttaqin
Jurusan Teknik Mesin Universitas
Jember, Indonesia
aris.teknik@unej.ac.id

Mahros Darsin
Jurusan Teknik Mesin Universitas
Jember, Indonesia
mahros.teknik@unej.ac.id

RANCANG BANGUN DAN UJI PERFORMASISTEM KENDALI PEMBERIAN FLUIDA PERMESINAN MQL BERBASIS ARDUINO

In machining excessive use of cutting fluid can have a negative impact to the environment. An alternative to overcome this problem is by using the minimum quantity lubrication method (MQL). In MQL method the cutting fluid is flowed by compressed air. This research aim to design and implement an Arduino-based controller for further minimize the use of cutting fluid in MQL system. It was programmed that the pump would only work when the tool temperature beyond 70 oC and vice versa. Observation shows that the controller work accordingly. Other experiments were carried out to check the fluid consumption with Taguchi method. It was proof that applying the controller was able to reduce the fluid consumption.

Keywords: MQL, Fluid Consumption, Taguchi Method, Arduino.

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur saat ini dituntut untuk dapat bersaing di pasar regional maupun internasional. Semakin meningkatnya produktivitas dan kualitas dari sebuah produk merupakan tantangan bagi dunia manufaktur untuk dapat meningkatkan pengetahuan di dalam proses manufaktur itu sendiri. Salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas adalah dengan otomasi manufaktur. Otomasi dapat bersifat menyeluruh ataupun parsial. Keuntungan sistem otomasi yaitu meningkatkan produktivitas karena penggunaan sistem otomasi di bidang manufaktur memungkinkan produksi yang berjalan terus menerus tanpa berhenti [1]. Pilihan akan tipe manufaktur terkait beberapa aspek termasuk biaya. Otomasi parsial pada mesin tertentu atau bahkan hanya salah satu bagian proses permesinan akan meningkatkan produksi baik secara kualitas ataupun kuantitas.

Tuntutan lain pada permesinan adalah harus mempertimbangkan aspek lingkungan. Pada permesinan, penggunaan *cutting fluid* berdampak buruk pada lingkungan. Metode *minimum quantity lubrication* (MQL) merupakan alternatif mengurangi dampak lingkungan pada pemmesinan. Kelebihan pada MQL yaitu lebih ekonomis dan ramah lingkungan [2-4]. MQL akan mengurangi gesekan antara pahat dan benda kerja sehingga akan mengurangi laju kenaikan temperatur pahat dan akhirnya dapat menaikkan umur pahat [5-7]. Kekurangan dari MQL adalah masih dilakukan dengan cara menggunakan udara bertekanan tanpa adanya *controller* untuk mengatur ritme/waktu dan debit *cutting fluid* pada permesinan. *Controller* membantu untuk menjalankan disertai dengan pengendalian pada mesin. Karakteristik operasional mesin dengan kendali *controller* menjadikan performa mesin dapat lebih optimal. Maka dari itu alat *controller* berbasis suhu ini sangat penting untuk sistem pemberian *cutting fluid* pada MQL. Pada penelitian sebelumnya oleh Hanif dkk [8] untuk memantau suhu dan juga kelembaban udara ruangan berbasis Arduino Uno dan dapat menjadi sistem kendali terhadap suhu ruangan.

Keberhasilan dari *controller* MQL tergantung pada kemampuan pengendali ini dalam mengalirkan dan menghentikan *fluida* sesuai kriteria yang dibuat. Selain itu sesuai dengan definisi MQL dibatasi oleh volume atau konsumsi *fluida* yang dikeluarkan sekitar sepuluh per ribuan daripada sistem membanjir (flood) [9], atau maksimal 500 ml/jam [5]. Untuk itu perlu diukur *fluid consumption*, hal yang sama pernah dilakukan oleh Jiang et al. [2]

2. METODE DAN BAHAN

Metode ini menggunakan eksperimen langsung, adapun langkah-langkah yang dilakukan yaitu metode pembuatan rangkaian *controller*, pengujian rangkaian *controller*, dan pengujian nilai *fluid consumption* dari alat *controller*.

2.1 Pembuatan Rangkaian Controller MQL

Pembuatan rangkaian controller alat MQL ini dilakukan dengan belajar mandiri dengan berpanduan pada beberapa literature, di antaranya [8] dan [10] serta dari laman <https://www.arduino.cc/>. Langkah-langkah pembuatannya sebagai berikut:

1. Membuat alur kerja sistem kendali;
2. Memasang komponen-komponen yang dibutuhkan untuk pembuatan sistem kendali pada PCB;
3. Membuat *coding* pada aplikasi arduino dengan menyetel suhu pada pahat sebesar 70°C agar pompa bekerja, kemudian saat suhu pahat di bawah 70°C pompa akan berhenti bekerja;
4. Melakukan simulasi untuk mengetahui hasil program yang telah dibuat untuk mengetahui ada kesalahan atau tidaknya;
5. Melakukan *debugging* untuk memperbaiki program yang tidak sesuai;
6. Menyimpan program.

2.2 Pengujian Rangkaian Alat Controller MQL

Untuk mengetahui kinerja dari alat controller MQL ini, maka pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengisi tempat penampungan cairan pendingin;
2. Menyetting peletakan sensor suhu DS18B20 pada pahat untuk membaca panas yang nanti akan muncul pada program arduino;
3. Meletakkan pompa 6V DC di wadah tempat penampungan cairan pendingin;
4. Melakukan start pada program arduino untuk memulai kerja alat tersebut;
5. Memulai proses pembubutan untuk mengetahui kinerja alat tersebut.

2.3 Pengujian *fluid consumption* dengan metode Taguchi L9

Pengujian nilai *fluid consumption* pada alat controller MQL menggunakan metode Taguchi L9. Metode Taguchi dipilih karena menghemat waktu dengan meminimalkan jumlah eksperimen yang harus dibuat [11]. Metode Taguchi sudah banyak digunakan untuk permesinan seperti [12], [13], [14], [15] dan telah sukses mendapatkan perpaduan parameter yang menghasilkan kualitas permesinan terbaik. Pada Taguchi method ada dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

1. Variabel Bebas

Variabel bebas dapat ditentukan oleh peneliti dengan pertimbangan tertentu untuk dapat mencapai luaran yang diinginkan. Level tiap faktor disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Variabel bebas

Kode	Kontrol Faktor	Level		
		1	2	3
A	Depth of cut	1,6 mm	1,8 mm	2 mm
B	Komposisi	3:7	5:5	7:3
C	Metode	Manual	MQL Otomasi	Flood

Pada komposisi *cutting fluid* terdiri dari air dan dromus oil yang merupakan perbandingan volume. Pada perbandingan 3:7 terdiri dari 3 air dan 7 dromus oil. Pada perbandingan 7:3 adalah kebalikannya. Sementara untuk perbandingan 5:5 terdiri dari komposisi air dan dromus oil sama.

2. Variabel terikat

Variabel terikat yaitu variabel yang faktornya diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh yang disebabkan oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai *fluid consumption*. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dicantumkan pada Tabel 2

Tabel 2: Alat dan Bahan Penelitian

Alat/Bahan		
Mesin bubut type C6236	Power supply	Pahat insert carbida
Sensor suhu DS18B20	Regulator 9 V	Material AISI 4340
Arduino uno	PCB	Gelas ukur
LM2596	Water pump 6 V DC	

3. HASIL DAN DISKUSI

Hasil pada penelitian ini meliputi empat tahapan yaitu pembuatan alat, cara kerja alat, durasi waktu kerja alat, dan hasil optimasinya.

3.1 Pembuatan Alat

Rangkaian alat MQL ini disusun dari beberapa komponen seperti IC 7809, mosfet IRF 3205, TC4420, LM2596, *power supply*, pompa yang dirangkai pada PCB. PCB sudah diberi jalur rangkaian agar pada saat semua komponen dirangkai dengan menggunakan solder sebagai perekat komponen. Skema alat ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1: Skema Alat

Arduino sebagai sistem kendali mengatur aliran cairan pendingin untuk disemprotkan dan berhenti disemprotkan. Penjelasan skema alat MQL adalah sebagai berikut:

- 1) PSU sebagai penyuplai listrik yang dihubungkan ke LM2596 dan IC7809;
- 2) Pada *power jack* V_{in} arduino rekomendasi tegangannya sebesar 9V. Kemudian untuk menurunkan tegangan dari *power supply* sebesar 12V ke 9V maka dipasang IC7809;
- 3) Motor yang disuplai oleh LM2596 dijalankan oleh mosfet IRF3205, tidak lupa dioda *flyback* dihubungkan antara kaki motor + dan – agar tidak terjadi tendangan voltase menuju mosfet IRF3205;
- 4) Mosfet IRF3205 dijalankan oleh arduino yang diperkuat oleh TC4420 agar mosfet IRF3205 dapat membuka dan menutup secara instan;
- 5) Pada sensor DS18B20 kabel merah dihubungkan ke pin 5V dan kabel biru dihubungkan ke pin 2. Resistor 4,7k sebagai *pull up* resisitor agar komunikasi antara arduino dan sensor DS18B20 dapat terjadi dengan baik. Komunikasi yang digunakan adalah komunikasi *onewire*.

3.2 Perbandingan Suhu Yang Dipakai

Sebelum menetapkan suhu yang dipakai pada alat ini, maka dilakukan perbandingan suhu. Perbandingan suhu pada alat ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: Perbandingan Suhu

Suhu	Depth of Cut	Fluid Consumption
35 °C	1,6 mm	150 ml
45 °C	1,6 mm	110 ml
70 °C	1,6 mm	50 ml

Setelah didapat tabel perbandingan suhu pahat dan jumlah *cutting fluid*, maka dibuat grafik seperti Gambar 2.

Gambar 2: Grafik Perbandingan Suhu dan Volume Cairan Pendingin

Setelah diketahui perbandingan setting suhu pahat di atas, maka ditetapkan pada penelitian ini suhu pahat yang dipakai adalah 70 °C. Sebenarnya suhu kerja pahat carbida sampai dengan ± 566 °C [16] (Shihab dkk, 2014) dan batas suhu kerja sensor adalah 125 °C [17] (Agung, 2017). Pemrograman suhu alat MQL ini dilakukan pada aplikasi arduino. Setelah alat diprogram, maka sensor diletakkan pada pahat untuk mendeteksi panas yang ditimbulkan oleh gesekan pahat dan benda kerja saat proses bubut berlangsung. Jarak sensor dengan ujung pahat adalah 3 mm.

Pantauan layar terhadap layar monitor menunjukkan bahwa waktu *on* dan *off* pompa sesuai dengan perancangan, yaitu pada suhu 70 °C. Jadi, dapat disimpulkan bahwa alat kendali telah bekerja sesuai rencana.

3.3 Cara Kerja Alat MQL

Sistem kerja alat kendali MQL disajikan pada Gambar 3.

Gambar 3: Kerja Alat MQL

Alat MQL ini bekerja berdasarkan pembacaan panas pahat oleh sensor suhu, dimana saat proses bubut dilakukan pahat bersentuhan dengan benda kerja dan terjadi gesekan yang membangkitkan panas yang akan dibaca oleh sensor dan kemudian ditampilkan pada monitor. Pada monitor sebelumnya sudah diprogram suhu

70 °C, jadi ketika suhu telah mencapai 70 °C pompa mengeluarkan cairan, kemudian disemprotkan ke benda kerja dan pahat melalui nozel. Ketika suhu turun di bawah 70 °C pompa akan berhenti bekerja. Hal ini berlangsung terus-menerus sampai proses bubut selesai. Perbandingan setting suhu awal yang akan dipakai dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.

3.4 Durasi Waktu Kerja Alat MQL

Durasi waktu dari saat mulainya penyemprotan adalah keadaan *cutting fluid* off menuju ke on ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4: Waktu MQL Otomasi

NO	Saat Mulainya Penyemprotan	Waktu Penyemprotan Berlangsung	Total Waktu
1	33,7 detik	11,0 detik	108 detik
2	16,9 detik	3,3 detik	
3	12,8 detik	3,6 detik	
4	9,7 detik	4,5 detik	
Total fluid consumption		90 ml	

Perhitungan total *fluid consumption* per jam adalah sebagai berikut:

$$= \frac{3600}{108} \times 90$$

$$= 3000 \text{ ml/jam}$$

Dalam satu kali proses, total *fluid consumption* dari alat ini 90 ml, dan jika digunakan dalam waktu jam, total *fluid consumption* pada alat ini 3000 ml/jam. Pada alat ini belum memenuhi kriteria dari definisi MQL yang mempunyai konsumsi *cutting fluid* 500 ml/jam. Penyebab dari alat ini belum memenuhi kriteria dari MQL kemungkinan karena setting sensor yang kurang tinggi dan pengaruh dari semprotan nozel. Semprotan nozel yang masih berupa semburan mengakibatkan *cutting fluid* yang dikeluarkan terlalu banyak. Kemudian penyebab lain yaitu tekanan dari pompa masih kurang, sehingga dalam mengeluarkan *cutting fluid* tidak berupa kabut atau *spray*.

3.5 Optimasi

Pengujian *fluid consumption* yang telah dilakukan sebanyak tiga kali pada proses bubut berdasarkan *orthogonal array L9 (3³)*. Pada metode Taguchi, didapatkan data yang kemudian dirata-rata sehingga menghasilkan data nilai *fluid consumption* dari setiap benda kerja seperti yang terlihat pada Tabel 5

Tabel 5: Data Pengujian

No	Parameter Kendali			Fluid consumption (ml)			Rata-Rata
	Depth of Cut	Komposisi	Metode	1	2	3	
1	1,6	3:7	MQLManual	150	140	170	153,33
2	1,6	5:5	MQLOtomasi	55	40	45	50,00
3	1,6	7:3	Flood	1050	1070	1000	1040,00
4	1,8	3:7	MQLOtomasi	90	50	50	63,33
5	1,8	5:5	Flood	860	820	800	826,66
6	1,8	7:3	MQLManual	350	450	420	406,66
7	2,0	3:7	Flood	120	160	500	260,00
8	2,0	5:5	MQLManual	350	370	270	330,00
9	2,0	7:3	MQLOtomasi	220	100	50	123,33
Rata-rata Total				361,48			

Setelah didapat data pengujian, selanjutnya data diolah menggunakan software Minitab 19 yang kemudian diperoleh hasil optimum seperti pada Gambar 4.

Gambar 4:Nilai Plot Rata-rata Mean

Data dari ANOVA secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel6: Analisis Varian Mean

SUMBER	DK	SS	MS	F _{hitung}	P%
Depth of cut	2	69336	34668	0,81	1,68%
Kombinasi	2	206699	103349	2,41	12,38%
Metode	2	614254	307127	7,16	54,14%
Residual	2	85780	42890		31,78%
Total	8	976069			

Pada penelitian ini hasil pengambilan data menggunakan metode Taguchi menunjukkan adanya residual error yang melebihi batas normal (15%), yakni mencapai 31,78%. Nilai residual error yang besar disebabkan oleh sistem yang bekerja kurang baik. Sistem yang kurang baik ini berasal dari nozel. Semprotan pada nozel yang masih berupa semburan mengakibatkan *cutting fluid* yang dikeluarkan masih terlalu banyak dan terkadang ketika pompa mendorong *cutting fluid* keluar untuk disemprotkan, nozel seperti akan terlepas dari selang. Hal ini mengakibatkan terjadinya rongga antara nozel dan selang sehingga *cutting fluid* juga ikut keluar dari rongga tersebut dan terjadilah kebocoran.

Dari data Tabel 5 di atas, maka persen kontribusi dari setiap faktor kendali dapat dilihat pada Gambar 5

Gambar 5: Persen Kontribusi Setiap Faktor

4. PEMBAHASAN

Pembahasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode Penyemprotan

Pada penelitian ini metode penyemprotan mempunyai kontribusi terbesar dengan nilai 54,14%. Pada metode penyemprotan terdapat tiga jenis teknik penyemprotan yaitu *flood*, manual, dan MQL otomasi. Pada metode penyemprotan *flood*, *cutting fluid* disemprotkan dengan semburan terus menerus. Pada metode penyemprotan manual, *cutting fluid* disediakan sebanyak 500 ml dan disemprotkan ke benda kerja dan pahat sampai proses bubut selesai, dan pada metode penyemprotan MQL otomasi, *cutting fluid* disemprotkan berdasarkan pembacaan panas pada pahat oleh sensor suhu. Metode penyemprotan merupakan faktor utama dalam pemberian *cutting fluid* untuk mengetahui nilai *fluid consumption* pada

controller MQL ini. Dengan metode penyemprotan yang berbeda, maka dalam memperoleh nilai total *fluid consumption* berbeda-beda. Dengan penambahan kendali diperoleh harga *fluid consumption* paling minimum seperti pada Gambar 4. Artinya tujuan dari perancangan alat kendali untuk meminimalkan penggunaan *cutting fluid* telah tercapai.

2. *Komposisi cutting fluid*

Komposisi *cutting fluid* mempunyai kontribusi terbesar kedua dengan nilai 12,38% setelah metode penyemprotan. Komposisi *cutting fluid* terdiri dari atas air dan dromus oil. Komposisi *cutting fluid* ini perbandingannya 3:7, 5:5, dan 7:3, dimana pada setiap perbandingan mempunyai viskositas yang berbeda-beda. Viskositas yang berbeda ini mengakibatkan daya mampu alir pompa dalam mengeluarkan *cutting fluid* juga berbeda-beda. Pada komposisi *cutting fluid* diperoleh harga *fluid consumption* pada Gambar 4 yaitu 3:7, yang terdiri 3 bagian dari air dan 7 bagian dari dromus oil. *Cutting fluid* ini mampu menurunkan gaya potong sehingga gesekan akan rendah dan panas yang ditimbulkan akan berkurang Daniar., (2013). Pada *cutting fluid* air sebagai media pendinginan cepat Candra dkk., (2014)

3. *Depth of Cut*

Faktor kendali *depth of cut* mempunyai kontribusi terbesar ketiga dengan nilai 1,68%. *Depth of cut* digunakan untuk mengatur kedalaman pemotongan dari benda kerja. Pada *depth of cut* terdiri dari 1,6 mm; 1,8mm; dan 2mm. Faktor kendali *depth of cut* merupakan faktor pendukung dalam mengetahui *fluid consumption* pada alat ini. Gambar 4 menunjukkan bahwa *depth of cut* 2 mm menghasilkan *fluid consumption* terkecil. Pada *depth of cut* 2 mm pemakanan benda kerja lebih dalam dibanding *depth of cut* 1,6 mm dan 1,8 mm, artinya MRR (metal removal rate) lebih besar dan kemungkinan penyelesaian operasi permesinan lebih cepat. Karenanya, konsumsi *cutting fluid* lebih sedikit dibanding menggunakan *depth of cut* yang lebih kecil.

5. KESIMPULAN

Perancangan sistem kendali *cutting fluid* berbasis arduino telah dibuat dan diterapkan pada mesin bubut. Hasil pengujian membuktikan ketika suhu pahat naik mencapai 70 °C pompa akan mengeluarkan *cutting fluid*, dan ketika suhu pahat turun di bawah 70 °C pompa berhenti mengeluarkan *cutting fluid* secara otomatis. Kombinasi yang menghasilkan *fluid consumption* minimum adalah *depth of cut* 2 mm, komposisi *cutting fluid* 3:7 yang terdiri 3 bagian air dan 7 bagian dromus oil, dan metode penyemprotan adalah MQL otomatis. Namun apakah kombinasi ini juga menghasilkan kekasaran permukaan dan keausan pahat yang optimum, maka perlu pembahasan lain.

6. PERNYATAAN TERIMKASIH

Terimakasih kepada Jurusan Mesin karena sudah memfasilitasi penelitian ini, dan tidak lupa terimakasih untuk Group Research MQL yang terdiri dari Maulana Muhammad Firdaus, Dicky Aprilian Nugraha, Agil Widhy Azizi, dan Allen Luvandy yang telah sama-sama berjuang dalam menyelesaikan penelitian ini.

7. REFERENSI

- [1] M. A. SAPUTRA, A. SYUHRI, and A. Z. MUTTAQIN, "Analisis Mesin Filling Minyak Goreng Berbasis Plc Menggunakan Metode Penakar Dan Timer Untuk Meningkatkan Efisiensi," no. 3, pp. 46–52, 2017.
- [2] Z. JIANG, F. ZHOU, H. ZHANG, Y. WANG, and J. W. SUTHERLAND, "Optimization of machining parameters considering minimum cutting fluid consumption," *J. Clean. Prod.*, vol. 108, pp. 183–191, 2015.
- [3] P. B. PATOLE and V. V. KULKARNI, "Optimization of Process Parameters based on Surface Roughness and Cutting Force in MQL Turning of AISI 4340 using Nano Fluid," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 1, pp. 104–112, 2018.
- [4] D. A. PATRIAWAN, H. IRAWAN, E. WAHYU, and R. WIDODO, "Studi Pendahuluan Penggunaan Minimum Quantity Lubricant Pada Proses Pemesinan," *J. Isbn*, pp. 153–160, 2016.
- [5] B. BASUKI and F. E. W. WINARTO, "Pengaruh sistem minimum lubrication dengan metoda tetesan terhadap keausan pahat dan kekasaran permukaan benda kerja AISI 4340," in *Prosiding Seminar Nasional teknologi Terapan SV UGM 2014*, 2014, pp. 16–19.
- [6] S. K. ALI, S.M., DHAR, N.R., DEY, "Effect of Minimum Quantity Lubrication (MQL) on Cutting Performance in Turning Medium Carbon Steel By Uncoated Carbide Insert At Different Speed-Feed Combinations," *Adv. Prod. Eng. Manag.*, vol. 6, no. 3, pp. 185–196, 2011.
- [7] M. LI, T. YU, L. YANG, H. LI, R. ZHANG, and W. WANG, "Parameter optimization during minimum quantity lubrication milling of TC4 alloy with graphene-dispersed vegetable-oil-based cutting fluid," *J. Clean. Prod.*, vol. 209, pp. 1508–1522, 2019.
- [8] H. IZZATUL ISLAM *et al.*, "Sistem Kendali Suhu Dan Pemantauan Kelembaban Udara Ruangan Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Dht22 Dan Passive Infrared (Pir)," vol. V, no. Lcd, pp. SNF2016-CIP-119-SNF2016-CIP-124, 2016.

- [9] S. ALBERT, I. AHMED, and Y. NUKMAN, “A critical assessment of lubrication techniques in machining processes : a case for minimum quantity lubrication using vegetable oil-based lubricant,” vol. 41, pp. 210–221, 2013.
- [10] S. PUENTE, J. POMARES, J. PÉREZ, D. MIRA, F. TORRES, and P. O. BOX, “Experiences on using Arduino for laboratory experiments of automatic control and robotics,” in *IFAC (International Federation of Automatic Control)*, 2015, pp. 105–110.
- [11] D. C. MONTGOMERY, *Design and Analysis of Experiments*, 8th ed. Arizona: John Wiley & Sons, Inc., 2013.
- [12] M. DARSIN, T. PASANG, and Z. CHEN, “Forces Perspective of Drillability of Titanium Alloy 6Al-2Sn-4Zr-6Mo,” *J. Energy, Mech. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 3, no. 1, p. 23, Jun. 2018.
- [13] M. DARSIN and T. PASANG, “Drillability of Titanium Alloy 6246 from Surface Quality Perspective,” *Mater. Sci. Res. India*, vol. 16, no. 1, pp. 76–85, Apr. 2019.
- [14] N. KHANNA and J. P. DAVIM, “Design-of-experiments application in machining titanium alloys for aerospace structural components,” vol. 61, pp. 280–290, 2015.
- [15] N. KHANNA, *Design of Experiments in Production Engineering*, no. January. 2016.
- [16] S. K. SHIHAB, Z. A. KHAN, A. MOHAMMAD, and A. N. SIDDIQUEED, “RSM based Study of Cutting Temperature During Hard Turning with Multilayer Coated Carbide Insert,” *Procedia Mater. Sci.*, vol. 6, no. Icmpc, pp. 1233–1242, 2014.
- [17] A. P. PRATAMA, “Implementasi alat pengering ikan otomatis menggunakan sensor suhu DS18820,” 2017.